

ANALISA PERBANDINGAN PERFORMASI ROUTING SPRAY AND WAIT DENGAN BUBBLE RAP PADA DELAY TOLERANT NETWORK UNTUK WILAYAH PERKOTAAN

COMPARATIVE PERFORMANCE ANALYSIS OF SPRAY AND WAIT ROUTING AND BUBBLE RAP IN DELAY TOLERANT NETWORK FOR URBAN AREA

I Gede Adysurya Y. P.¹, Leanna Vidya Y., S.T., M.T.², Dr. Ir. Nyoman Bogi A. K., M.Sc.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹adysr37@gmail.com, ²leanna@telkomuniversity.ac.id, ³nyoman.bogi@gmail.com

Abstrak

Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi komunikasi saat ini, keterbatasan pengembangan infrastruktur merupakan salah satu penghargaan di perkotaan, dan pengembangan Delay Tolerant Network (DTN) diharapkan menjadi salah satu solusi untuk mengatasi keterbatasan infrastruktur jaringan yang tersedia. Dalam penelitian ini, saya membandingkan kinerja antara Spray dan Wait routing dan Bubble Rap routing diimplementasikan di daerah perkotaan dengan menganalisis Probabilitas Pengiriman, Latensi Rata-Rata, dan Overhead Ratio yang menggunakan parameter uji pergerakan node dengan Shortest Path Map Based Movement, jumlah node yang tersedia pada jaringan, tersedia kapasitas buffer dan durasi simulasi.

Kata kunci : *DTN, Spray And Wait, Bubble Rap*

Abstract

Along with the rapid development of communication technology at present, the limitations of infrastructure development are one of the rewards in urban areas, and the development of Delay Tolerant Network (DTN) is expected to be one solution to overcome the limited network infrastructure available. In this research, I comparing performance between Spray and Wait routing and Bubble Rap routing implemented in urban areas by analyzing Delivery Probability, Average Latency, and Overhead Ratio which uses the node movement test parameters with Shortest Path Map Based Movement, the number of nodes available on the network, available buffer capacity and duration of simulation.

Keywords: *DTN, Spray And Wait, Bubble Rap*

1. Pendahuluan

Perkembangan infrastruktur jaringan komunikasi tentu menjadi salah satu faktor pendorong pesatnya pembangunan jaringan telekomunikasi, namun dengan terbatasnya ketersediaan lahan yang ada seperti contohnya di wilayah perkotaan tentu menjadi salah satu faktor penghambat. Seiring berjalannya waktu, belum lama ini dikembangkan sebuah trobosan yang dikenal dengan *Delay Tolerant Network* (DTN), yang dimana tujuan awalnya digunakan untuk membangun jaringan komunikasi pada wilayah terpencil atau akses yang sulit dijangkau, tentu saja ini akan sangat bermanfaat bila berhasil di implementasikan dalam wilayah kota yang sudah minim lahan dan seiring waktu berjalan pertumbuhan penduduk juga terus meningkat. Dengan di implementasikannya jaringan ini, diharapkan beban jaringan komunikasi yang ada dapat berkurang dan menambah daya tampung layanan jaringan komunikasi untuk masa yang mendatang.

Delay Tolerant Network (DTN) sendiri adalah sebuah jaringan yang memiliki toleransi atau ketahanan terhadap *delay* (jeda waktu tunda) yang tinggi, dan tidak memerlukan infrastuktur jaringan yang terpusat layaknya jaringan komputer atau telepon biasa. Secara umum prinsip kerja dari jaringan DTN yaitu dengan metode *store, carry, forward*. Dalam implementasinya, proses pengiriman data dalam jaringan DTN dilakukan dengan menyimpan data atau informasi kedalam media penyimpanan yang terdapat pada *node* pembawa informasi kemudian *node* ini membawa data atau informasi tersebut sampai bertemu dengan *node* tujuan atau *node* lain yang berada dalam jangkauan dan kemudian mengirimkannya ke *node* tersebut. Jika dalam perjalanan data ke *node* tujuan atau penerima terjadi masalah baik *delay* ataupun kerusakan lainnya, maka data akan tetap dibawa oleh *node* pengirim atau yang sebelumnya sampai *node* tujuan berfungsi normal.

Dalam jaringan DTN, terdapat beberapa macam protokol untuk menangani layanan *routing*. Adapun yang dibahas pada jurnal ini yaitu *Spray and Wait* dan *Bubble Rap*. *Routing Spray and Wait* dalam melakukan pertukaran data dengan cara melakukan replikasi data dari satu *node* ke *node* yang lainnya dengan pola tertentu ke setiap *node* yang melakukan kontak hingga *node* tujuan mendapatkan data yang diinginkan. Untuk

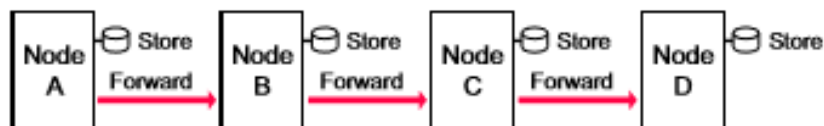
routing Bubble Rap melakukan pertukaran data dengan menganalisa tingkah laku *node* yang bertemu dan hanya mengirim datanya ke *node* yang dikenal saat tersambung ataupun dalam jangkauannya.

Dari ulasan ini, akan dibahas perbandingan kinerja antara protokol routing *Spray* dan *Wait* dan *Bubble Rap* mengambil parameter jumlah *node* yang tersedia dan ukuran kapasitas buffer penyimpanan setiap *node* dan durasi simulasi berjalan dengan parameter kinerja pada Probabilitas Pengiriman, Latensi Rata-Rata, dan Rasio Overhead dengan gerakan *node* menggunakan Gerakan Berbasis Peta Jalur Terpendek yang akan disimulasikan di area kota.

2. Dasar Teori

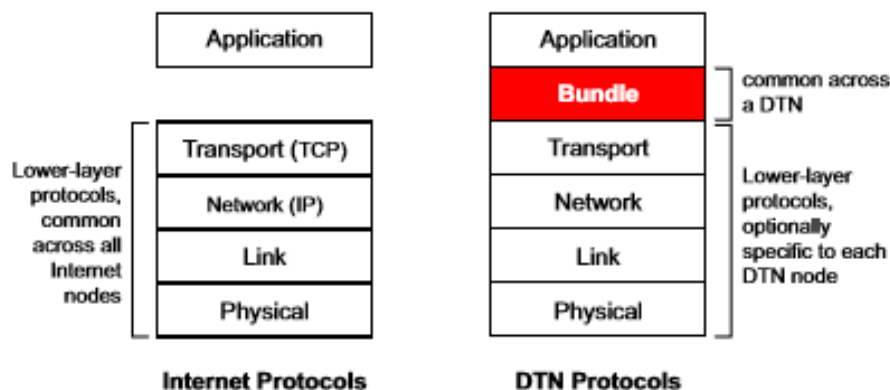
2.1. Delay Tolerant Network (DTN)

Delay Tolerant Network (DTN) pada awalnya berasal dari ide pembentukan jaringan komunikasi untuk wilayah dengan halang rintang yang tergolong ekstrim bahkan direncanakan untuk digunakan pada komunikasi di luar angkasa, atau dikenal dengan “*Interplanetary Internet*”. Kemudian pada tahun 2002, konsep jaringan DTN dikenalkan oleh Kevin Fall [3] untuk diimplementasikan pada jaringan dengan keadaan koneksi yang tidak dapat dipastikan keadaannya dan memiliki *delay* yang tinggi. DTN adalah solusi dari jaringan yang memiliki *konektivitas end-to-end* tidak normal, komunikasi dengan waktu tunda yang besar dan tingkat kegagalan yang tinggi. DTN bekerja dengan konsep *Store, Carry and Forward*, dimana konsep ini bekerja layaknya proses estafet dalam pengiriman datanya. Jaringan DTN sangat bertumpu pada pergerakan *node* di jaringannya yang terpisah pada wilayah geografisnya. Proses pengiriman datanya tidak serta merta hanya melalui satu jalur, melainkan dapat melewati beberapa jalur sekaligus tergantung pada metode peroutingan dan sebesar apa kapasitas penyimpanan yang tersedia dari *node* pembawanya. Secara ringkas alur pengiriman data pada jaringan DTN dapat digambarkan dengan gambar 2.1.



Gambar 2.1 Ilustrasi konsep kerja jaringan DTN [13]

Dalam proses transmisinya, yang tentunya tidak pasti melewati satu jalur utama dalam jaringannya, data yang dikirimkan dipecah dalam bentuk *Bundle*. *Bundle* pada DTN sendiri selain berisi data yang ingin dikirimkan, terdiri juga dari bagian – bagian layer yang berada dibawahnya seperti *transport layer*, *network layer*, *link layer*, dan *physical layer* agar saat sampai dan diterima semua di tujuan tanpa adanya kerusakan atau kesalahan. Untuk gambaran detailnya dapat dilihat pada gambar 2.2 yang dimana merupakan perbandingan protokol yang terdapat pada jaringan internet pada umumnya dengan jaringan DTN.



Gambar 2.2 Perbandingan *Layer* Jaringan Konvensional dengan Jaringan DTN [13]

2.2. Spray And Wait

Proses *routing Spray and Wait* pada dasarnya terbagi menjadi 2 fase, yaitu: [11]

1. Fase *Spray* (menyebarkan)

Sesuai dengan namanya, pada fase ini proses penyebaran dilakukan oleh sumber atau pemilik data, kemudian diteruskan hingga sebisa mungkin *node* lain didalam jaringan memiliki data yang dimiliki sumber tersebut.

2. Fase *Wait* (menunggu)

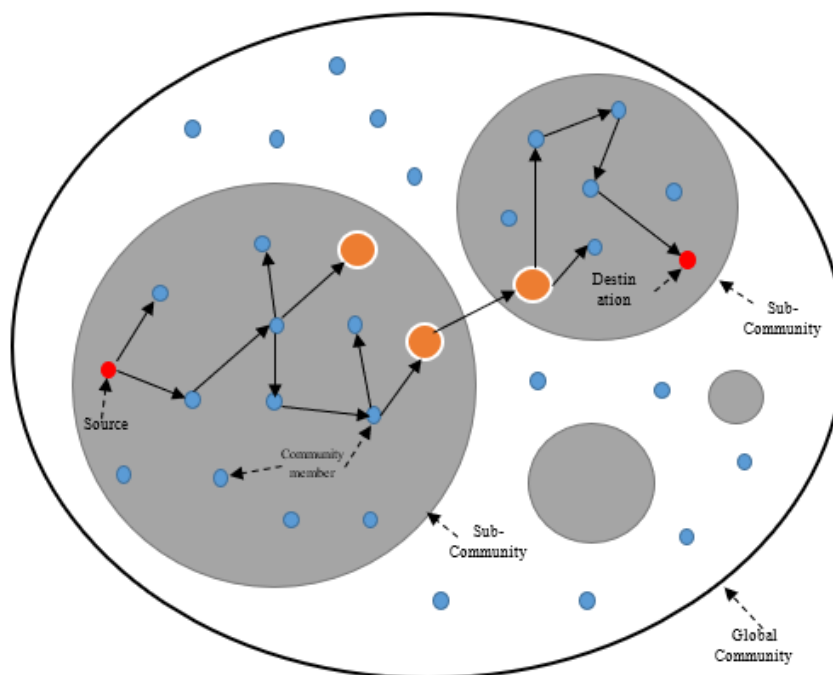
Pada fase menunggu ini, proses *spray* tidak dilakukan, dikarenakan node tujuan tidak ditemukan, dan data yang sebar sebelumnya akan dikirimkan oleh node lain yang sudah memiliki data tersebut saat node tujuan sudah ditemukan.

Routing Spray and Wait memiliki beberapa keunggulan dibanding *routing* lainnya, seperti: [11]

1. Dalam situasi beban *traffic* jaringan yang kecil, *Spray and Wait* melakukan transmisi yang lebih sedikit dan *delay* yang lebih singkat dibanding dengan *routing* metode *Epidemic*
2. Pada kondisi beban *traffic* jaringan yang tinggi, *delay* yang dihasilkan tidaklah setinggi pada metode *Epidemic*
3. Kinerja jaringan yang baik dan dapat dengan mudah diprediksi untuk beragam tingkat konektivitas dan jumlah kepadatan *node* pada jaringannya.
4. Dapat dengan mudah diatur untuk bekerja kembali dan mencapai persyaratan *QoS* yang disyaratkan.
5. Hanya dengan melakukan beberapa kali salinan per pesan atau data, dapat mencapai nilai *delay* yang lebih optimal dibanding dengan metode berbasis oracle yang meminimalkan *delay* dengan mengambil sesedikit mungkin transmisi yang dilakukan.

2.3. *Bubble Rap*

Konsep dasar dikembangkannya *routing Bubble Rap* yaitu keragaman tingkah laku dan popularitas seseorang yang berperan sebagai *node* utama didalam komunitasnya [5]. Setiap orang yang bertindak sebagai nodenya memiliki perannya dan strata tingkat sosialnya masing – masing sesuai dengan tempatnya dia berada [9]. Untuk proses pengiriman datanya, pada mulanya menentukan node mana yang dituju sebagai jalur perantaranya, *node* yang dituju ini tentu haruslah yang memiliki tingkat strata yang lebih tinggi di lingkungannya, kemudian langkah selanjutnya dari *node* tersebut diteruskan ke *node* yang memiliki tingkat tertinggi dari lingkungan tujuan utama, hingga kemudian pesan atau data diteruskan ke tujuan akhir. Proses pengirimannya dapat di ilustrasikan seperti gambar 2.3.



Gambar 2.3 Ilustrasi Tingkatan Node Pada Routing Bubble Rap

Dalam pengaplikasiannya, algoritma yang digunakan dapat dituliskan sebagai berikut: [9]

```

begin
  foreach EncounteredNode_i do
    if (LabelOf(currentNode) == LabelOf(destination)) then
      if (LabelOf(EncounteredNode_i) ==
          LabelOf(destination))
          and
          (LocalRankOf(EncounteredNode_i) >
            LocalRankOf(currentNode))
      then
        EncounteredNode_i.sendMessageToBuffer(message)
      else
        if (LabelOf(EncounteredNode_i) ==
            LabelOf(destination))
            or
            (GlobalRankOf(EncounteredNode_i) >
              GlobalRankOf(currentNode))
        then
          EncounteredNode_i.sendMessageToBuffer(message)
        end
      end
    end
  end

```

Gambar 2.4 Algoritma proses Node Pada Routing Bubble Rap bekerja

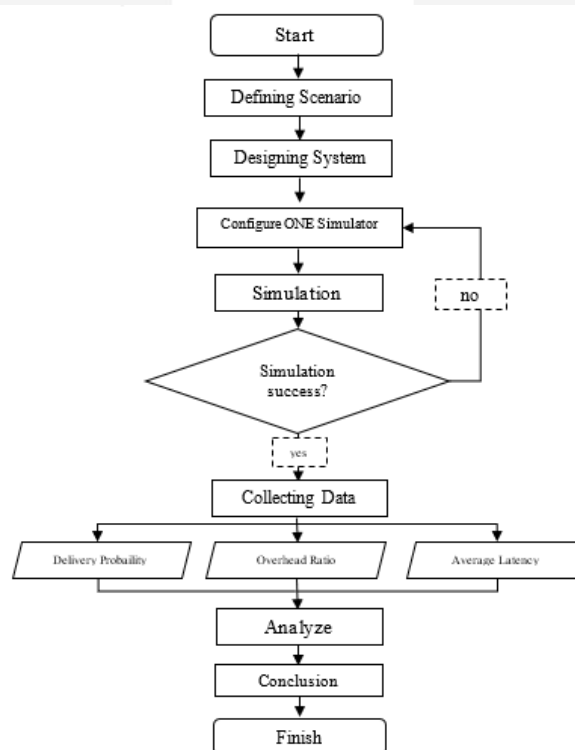
Dengan konsep kerja yang seperti ini, dapat diasumsikan:

1. Setiap *node* yang ada pada jaringan, minimal termasuk ke dalam satu komunitas atau lingkungan.
2. Setiap *node* yang ada memiliki tingkatannya masing – masing dalam skala global dan dalam lingkungan atau komunitasnya masing – masing, dapat juga termasuk dalam beberapa komunitas sekaligus.

3. Perancangan Sistem

3.1. Diagram Blok Secara Umum

Pada penelitian ini akan dilakukan simulasi dengan skenario pergerakan *node* berbasis *Shortest Path Map Based Movement*. Pada masing – masing skenario ini akan dianalisa jumlah *node* yang aktif dalam beberapa grup/jenis ukuran kapasitas *buffer* dan lamanya simulasi dijalankan yang akan diterapkan pada *routing* protokol yang akan dianalisa, yaitu *Spray and Wait Routing* dan *Bubble Rap Routing*.



Gambar 3.1 Ilustrasi Langkah Kerja

Gambar 3.1 menunjukkan alur pengerjaan simulasi dari penelitian ini. Pada tahap awal dimulai dari menentukan skenario, dimulai dari model pergerakan yaitu dengan model pergerakan *Shortest Path Map Based Movement*. Setelah skenario ditentukan, kemudian dilakukan perancangan sistem agar sesuai dengan jenis routing yang telah ditentukan. Kemudian masing-masing skenario tersebut disimulasikan pada simulator, yaitu ONE Simulator. Setelah semua simulasi dilakukan, kemudian hasil simulasi tersebut dianalisa untuk mengetahui performansi masing-masing *routing* protokol yang diuji.

3.2. Skenario Simulasi

Dalam Tugas Akhir ini akan dilakukan beberapa skenario simulasi *routing* jaringan DTN sesuai dengan parameter uji yang sudah ditentukan. Skenario simulasi yang akan dilakukan yaitu:

a. Skenario variasi jumlah *node*

Dalam skenario ini akan digunakan variasi jumlah *node* dengan model pergerakan *Shortest Path Map Based Movement* untuk mengetahui bagaimana pengaruhnya terhadap nilai *average latency*, *overhead ratio* dan *delivery probability* dalam jaringan.

Tabel 3.1 Tabel Skenario Uji Parameter *Node*

Parameter	Value
Routing	<i>Spray And Wait, Bubble Rap</i>
Node	156, 171, 186, 201, 216
Mobility	<i>Shortest Path Map Based Movement</i>
Message size	2 MB
Message TTL	300 minutes
Simulation time	180000 seconds
Node buffer size	60 MB

b. Skenario variasi kapasitas *buffer*

Dalam skenario ini akan digunakan variasi kapasitas *buffer* pada *node* dengan model pergerakan *Shortest Path Map Based Movement* untuk mengetahui bagaimana pengaruhnya terhadap nilai *average latency*, *overhead ratio* dan *delivery probability* dalam jaringan.

Tabel 3.2 Tabel Skenario Uji Parameter *Buffer*

Parameter	Value
Routing	<i>Spray And Wait, Bubble Rap</i>
Node	186
Mobility	<i>Shortest Path Map Based Movement</i>
Message size	2 MB
Message TTL	300 minutes
Simulation time	180000 seconds
Node buffer size	50, 55, 60, 65, 70 MB

c. Skenario variasi durasi simulasi

Dalam skenario ini akan digunakan variasi lamanya durasi simulasi dijalankan dengan model pergerakan *Shortest Path Map Based Movement* yang diharapkan dapat memberi gambaran bagaimana pengaruhnya terhadap nilai *average latency*, *overhead ratio* dan *delivery probability* dalam jaringan.

Tabel 3.3 Tabel Skenario Uji Parameter durasi simulasi

Parameter	Value
Routing	<i>Spray And Wait, Bubble Rap</i>
Node	186
Mobility	<i>Shortest Path Map Based Movement</i>
Message size	2 MB
Message TTL	300 minutes
Simulation time	1, 2, 3, 4, 5 Jam
Node buffer size	60 MB

3.3. Parameter Performansi

Parameter performansi adalah parameter yang menentukan tingkat kualitas ataupun kinerja dari suatu sistem. Adapun parameter performansi yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Delivery Probability

Parameter ini digunakan untuk mengetahui tingkat rasio perbandingan jumlah pesan yang sampai ke tujuan dan jumlah pesan yang dikirim oleh pengirim. Semakin tinggi nilai delivery ratio, maka akan semakin baik jaringan tersebut, karena nilai ini menunjukkan keberhasilan paket data sampai ke tujuannya. [8]

$$\text{Delivery Probability} = \frac{\text{Total messages arrived}}{\text{Total messages have been sent}} \quad [3.1]$$

2. Overhead Ratio

Parameter ini digunakan untuk mengestimasi paket data selain paket data utama yang akan dikirimkan ke tujuan akhir. Jaringan yang baik dinilai jika memiliki nilai *overhead ratio*-nya relatif lebih kecil bila dibandingkan satu dengan lainnya. [2]

$$\text{Overhead Ratio} = \frac{(\text{Number of messages forwarded} - \text{Number of message received})}{\text{Number of message received}} \quad [3.2]$$

3. Average Latency

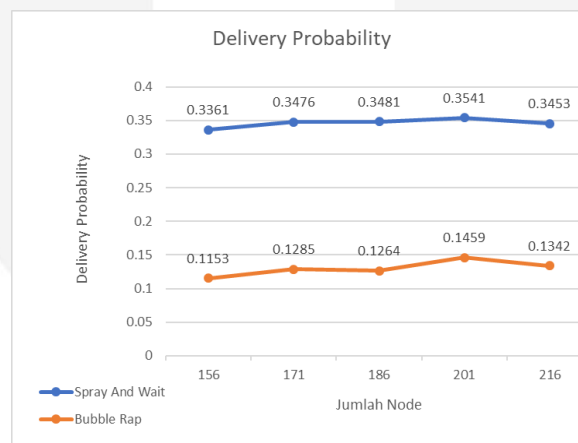
Parameter ini digunakan untuk mengetahui rata-rata waktu yang diperlukan untuk pengiriman pesan dari sumber (source) hingga sampai ke tujuan (destination). Dapat dikatakan jaringan yang baik bila memiliki nilai *average latency*-nya yang relatif lebih kecil bila dibandingkan satu dengan lainnya. [8]

$$\text{Average Latency} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\text{time when message received} - \text{time when message produced}}{\text{number of message received}} \right) \quad [3.3]$$

4. Hasil dan Analisis

4.1. Variasi Jumlah Node

a. Delivery Probability



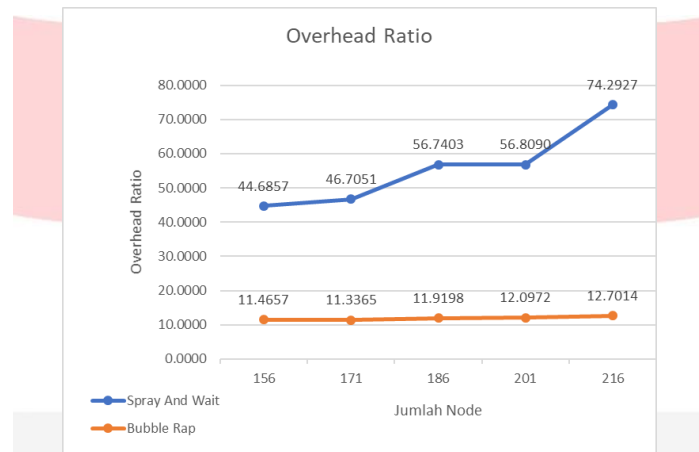
Gambar 4.1 Grafik hasil *delivery probability* pada variasi jumlah *node*

Dari data pada grafik 4.1, dapat dilihat bahwa *routing Spray And Wait* memiliki hasil yang lebih baik dengan kecenderungan nilai yang terus meningkat seiring bertambahnya jumlah *node* yang aktif. Hal ini bisa terjadi karena semakin banyaknya jumlah *node* yang aktif, maka kemungkinan terjadi *contact* dan pengiriman data antar *node* lebih banyak terjadi, dan tentu saja hal ini mempermudah keberhasilan data terkirim sampai tujuan akhir karena lebih banyak tersedianya jalur pengiriman.

Sementara pada *routing Bubble Rap* nilai *delivery probability*-nya tidak menunjukkan hasil yang begitu efektif. Hal ini dikarenakan pada *routing Bubble Rap* memakai metode pengiriman data dengan cara *social based*, berbeda dengan *Spray and Wait* yang memakai *flooding based*. Sesuai dengan penamaannya *social based* yang dimaksud disini layaknya hubungan sosial di dunia nyata, yang dimana

kita perlu adanya proses berkenalan terlebih dahulu antara satu sama lain agar dapat berkomunikasi lebih baik. Dalam proses pengiriman datanya, pada mulanya menentukan *node* mana yang dituju sebagai jalur perantaranya, *node* yang dituju ini tentu haruslah yang memiliki tingkat strata yang lebih tinggi di lingkungannya, kemudian langkah selanjutnya dari *node* tersebut diteruskan ke *node* yang memiliki tingkat tertinggi dari lingkungan tujuan utama, hingga kemudian pesan atau data diteruskan ke tujuan akhir. Selain metode pengiriman yang mempengaruhi hasilnya, jenis pergerakan *node* pula mempengaruhi hasil akhirnya, karena bisa saja kemungkinan *node* yang dikenal tidak bergerak terus menerus berdekatan dengan *node* pengirimnya. Bertolak belakang dengan metode *flood based* yang dilakukan pada *routing Spray and Wait* yang lebih diuntungkan dengan metode pergerakan ini dimana akan mengirim datanya pada siapapun *node* didekatnya dan mungkin akan bertemu dengan *node* lain untuk meneruskan pengiriman yang berlangsung.

b. Overhead Ratio



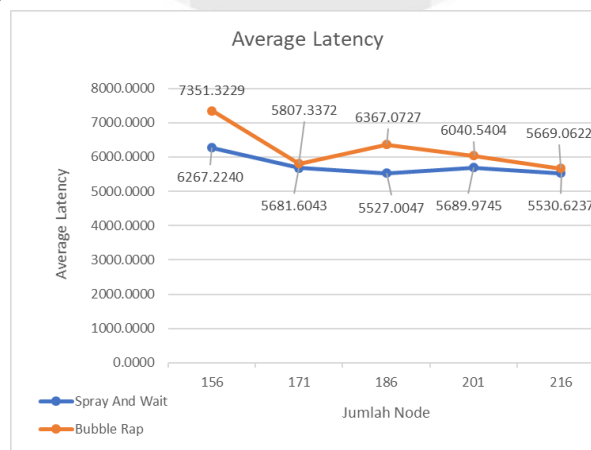
Gambar 4.2 Grafik hasil *overhead ratio* pada variasi jumlah *node*

Dari data pada grafik 4.2, dapat dilihat bahwa pada kedua *routing* ini, semakin bertambahnya jumlah *node* yang aktif, maka semakin bertambah nilai *overhead ratio*-nya, dikarenakan semakin banyak jumlah jalur dan tujuan pengiriman datanya.

Pada *routing Spray And Wait*, nilai *overhead ratio*-nya lebih besar jika dibandingkan dengan *routing Bubble Rap*, karena perbandingan jumlah paket yang bergerak dan diteruskan ke tujuannya dengan jumlah paket yang berhasil terkirim sampai tujuan akhir lebih kecil.

Pada *routing Bubble Rap* pertumbuhan nilai *overhead ratio*-nya tidak signifikan *routing Spray And Wait*. Ini disebabkan perbandingan jumlah paket data yang berhasil terkirim dan bergerak di dalam jaringan sama-sama meningkat dengan kecenderungan yang relatif lebih stabil. Hal ini bisa terjadi karena pada *routing Bubble Rap* tidak perlu untuk melakukan pembaharuan tabel *routing*-nya untuk setiap pasangan *node* secara terus menerus, yang dimana akan berdampak pada menurunnya biaya yang di bebankan pada jaringannya [9].

c. Average Latency



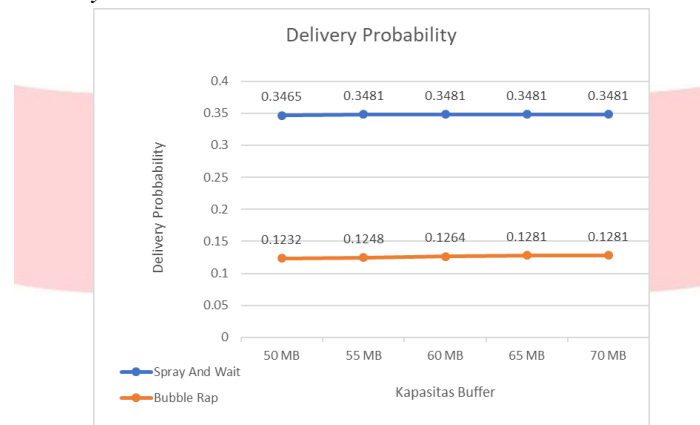
Gambar 4.3 Grafik hasil *average latency* pada variasi jumlah *node*

Dari data pada grafik 4.3 dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya jumlah *node* yang aktif dalam jaringan, maka sama-sama cenderung semakin menurun nilai *average latency* masing-masing *routing protocol*. Pertambahan jumlah *node* pada kedua *routing* ini memberi sama-sama memberi keuntungan agar jalur pengiriman data lebih mudah dan tersedia lebih banyak. Dengan lebih mudahnya pengiriman data, maka semakin cepat juga waktu tunggu agar paket sampai di tujuan akhir.

Meskipun kedua *routing* ini sama-sama diuntungkan dengan pertambahan jumlah *node* yang aktif, dari hasil simulasi ini didapat bahwa *routing Spray And Wait* berjalan lebih efektif dibandingkan dengan *routing Bubble Rap*.

4.2. Variasi Kapasitas Buffer

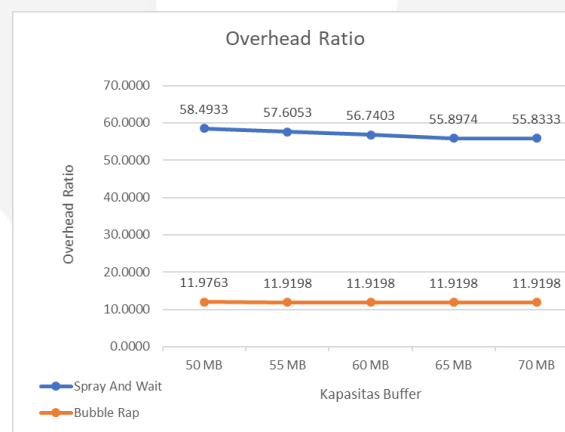
a. Delivery Probability



Gambar 4.4 Grafik hasil *delivery probability* pada variasi kapasitas *buffer*

Pada data hasil simulasi di grafik 4.4, seiring penambahan kapasitas *buffer*-nya, tidak terjadi peningkatan nilai *delivery probability* yang signifikan. Meskipun terjadi pergerakan perubahan yang lebih terlihat pada *routing Bubble Rap*, namun tetap saja *routing Spray And Wait* yang berjalan lebih efektif dengan keberhasilan pengiriman yang lebih tinggi. Ini dikarenakan jumlah paket yang di drop saat proses pengiriman data pada *routing Spray And Wait* lebih sedikit jika dibandingkan dengan *routing Bubble Rap*.

b. Overhead Ratio



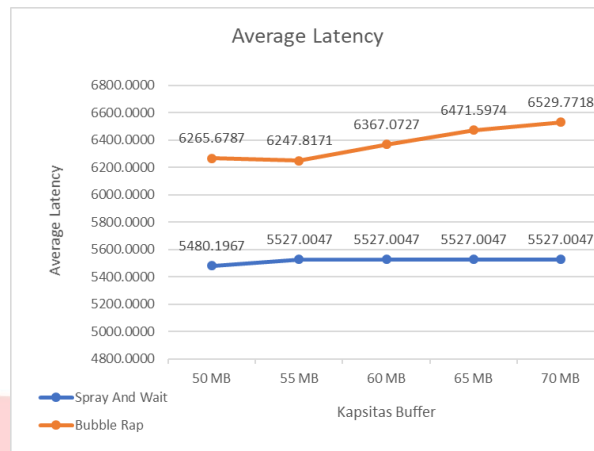
Gambar 4.5 Grafik hasil *overhead ratio* pada variasi kapasitas *buffer*

Dari hasil simulasi yang dilakukan, *routing Spray And Wait* dan *routing Bubble Rap*, kedua *routing* ini tidak terlalu banyak dipengaruhi nilai *overhead ratio*-nya oleh penambahan kapasitas *buffer node*-nya yang aktif. Meskipun mengalami penurunan, nilai *overhead ratio* yang dimiliki *routing Spray And Wait* masih lebih besar jika dibandingkan, ini dikarenakan *routing Spray And Wait* bekerja secara *flooding* yang dimana memiliki perbandingan jumlah paket yang diteruskan dengan paket yang berhasil terkirim lebih besar daripada *routing Bubble Rap*.

Dari hasil simulasi ini dapat dilihat bahwa *routing Bubble Rap* bekerja lebih efektif dengan nilai *overhead* yang lebih kecil secara keseluruhan jika dibandingkan dengan nilai yang diperoleh oleh

routing *Spray And Wait*.

c. *Average Latency*

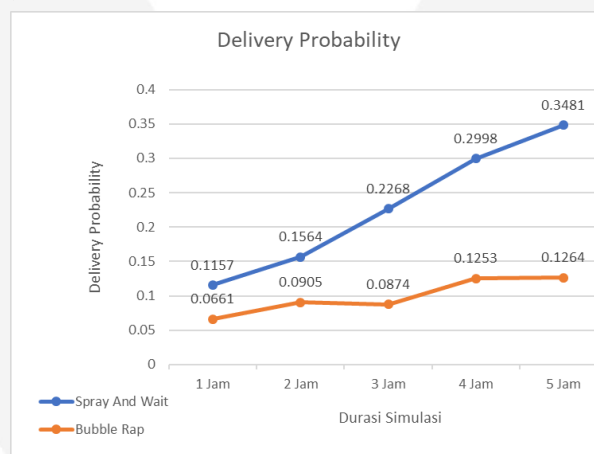


Gambar 4.6 Grafik hasil *average latency* pada variasi kapasitas *buffer*

Dari hasil simulasi pada grafik 4.6, terlihat pada routing *Bubble Rap* mengalami peningkatan *latency* yang cukup signifikan, dan hasilnya bernilai lebih besar jika dibandingkan dengan routing *Spray And Wait*. Ini dikarenakan proses pengiriman datanya masih kurang efektif, keberhasilan paket data yang sampai ke tujuan akhir yang kecil mengakibatkan peningkatan beban yang tersimpan pada buffer dalam routing *Bubble Rap* menurunkan kinerja manajemen datanya dan menurunkan nilai sistemnya secara keseluruhan.

4.3. Variasi Durasi Simulasi

a. *Delivery Probability*



Gambar 4.7 Grafik hasil *delivery probability* pada variasi durasi simulasi

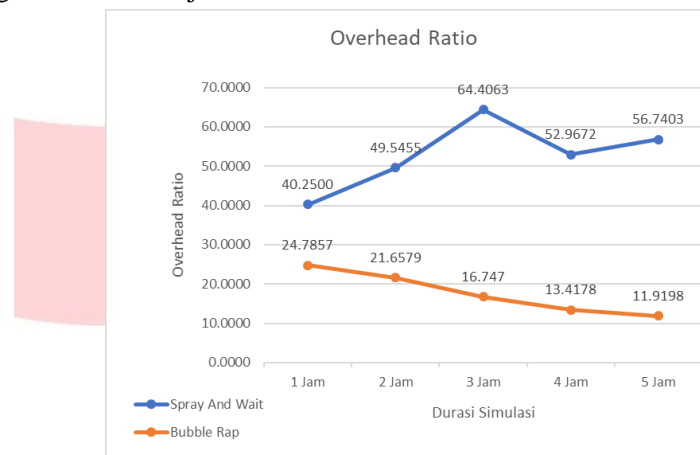
Berdasarkan data yang didapat pada grafik 4.7, terlihat kedua routing ini sama-sama diuntungkan dengan meningkatnya durasi simulasi dijalankan. Dengan meningkatnya durasi simulasi dijalankan tentu waktu *node* untuk dapat bergerak pada jaringan jadi bertambah, sehingga proses pengiriman dan pergerakan data dapat dilakukan lebih banyak dikarenakan lebih banyak waktu yang tersedia. Meskipun keduanya diuntungkan, dari hasil pada tabel ini, routing *Spray And Wait* berjalan dan memperoleh hasil yang lebih efektif dibandingkan dengan routing *Bubble Rap*. Hal ini berkaitan dengan proses pengiriman data pada routing *Spray And Wait* yang bekerja dengan metode *flooding based* yang melakukan pengiriman dengan siapa saja yang berada dalam jangkauannya dibandingkan dengan routing *Bubble Rap* yang hanya meneruskan paket datanya ke *node* yang dikenalnya meskipun ada *node* lain yang berada dalam jangkauan jaringannya.

b. *Overhead Ratio*

Dari hasil simulasi pada grafik 4.8, terlihat hasil routing *Spray And Wait* dibandingkan dengan routing *Bubble Rap* memiliki kecenderungan yang bertolak belakang. Terlihat jelas routing *Bubble Rap*

berjalan semakin efektif seiring bertambahnya durasi simulasi yang dilakukan, ini dikarenakan pergerakan *node* yang terjadi dan pengiriman paket data yang terjadi lebih sering mengakibatkan perjalanan paket yang terjadi lebih cepat menemukan jalur untuk sampai di tujuan akhir. Hal ini sejalan dengan cara routing Bubble Rap bekerja, semakin lama waktu berjalan, semakin banyak pula *node* yang dapat saling berkenalan satu sama lain layaknya hubungan sosial, sehingga mempermudah proses pengirimannya.

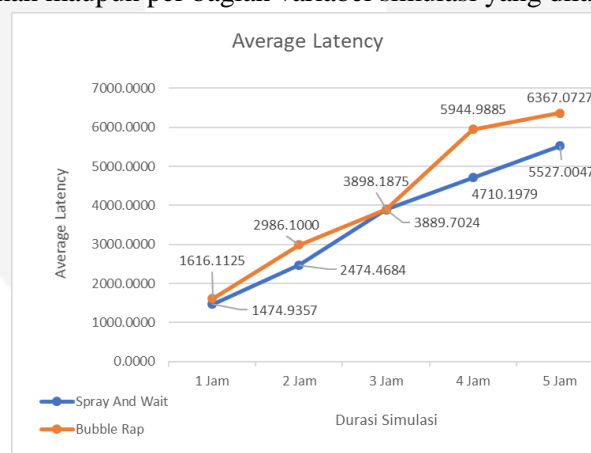
Untuk routing *Spray And Wait* cenderung mengalami peningkatan nilai overheadnya dikarenakan meskipun keberhasilan pengiriman paketnya meningkat, ini tidak sebanding dengan peningkatan pergerakan paket secara keseluruhan di dalam sistem, sehingga nilai akhir dari *overhead ratio* yang semestinya mengecil malah menjadi semakin besar.



Gambar 4.8 Grafik hasil *overhead ratio* pada variasi durasi simulasi

c. Average Latency

Dari hasil yang didapat pada simulasi ini, terlihat kedua routing ini sama-sama mengalami peningkatan waktu delaynya ini dikarenakan belum sebandingnya penambahan penumpukan pada antrian proses pengiriman dengan pertumbuhan pergerakan *node* dan pengiriman datanya yang dilakukan. Tetapi dari kedua routing ini, terlihat routing *Spray And Wait* berjalan lebih efektif dengan memperoleh nilai akhir waktu tunggu rata-rata yang lebih kecil dibandingkan dengan routing *Bubble Rap* jika dilihat keseluruhan maupun per bagian variabel simulasi yang dilakukan.



Gambar 4.9 Grafik hasil *average latency* pada variasi durasi simulasi

5. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari seluruh rangkaian proses perancangan, simulasi, dan analisis adalah sebagai berikut:

1. Dalam pengujian dengan variabel jumlah *node* yang aktif pada simulasi ini, routing *Spray And Wait* bekerja lebih efektif dengan memiliki dua keunggulan dibandingkan dengan routing *Bubble Rap*, yaitu pada *delivery probability*-nya dengan rata-rata sebesar 34.62% dan pada *average latency*-nya dengan rata-rata selama 5739 detik, sementara *Bubble Rap* dengan hasil 13.00% dan 6247 detik. Walaupun demikian, routing *Spray And Wait* memiliki kelemahan pada nilai *overhead ratio*-nya yaitu dengan rata-rata sebesar

- 55.85% yang cenderung jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan *routing Bubble Rap* yang memperoleh rata-rata 11.90%
2. Dalam pengujian dengan variabel kapasitas *buffer* pada *node* yang aktif, kedua *routing* ini memiliki pergerakan yang cenderung stabil dan *routing Spray And Wait* berjalan lebih efektif dan lebih unggul dalam dua pengujian dengan perolehan rata-rata *delivery probability* sebesar 34.78% dan dengan *average latency* 5517 detik dibandingkan *routing Bubble Rap* yang memiliki hasil 12.61% dan 6376 detik. Sementara *routing Bubble Rap* unggul dengan perolehan *overhead ratio*-nya dengan rata-rata sebesar 11.93% dibandingkan dengan hasil dari *Spray And Wait* sebesar 56.91%
 3. Dalam pengujian dengan variabel durasi simulasi, *routing Spray And Wait* unggul dalam *delivery probability* dan *average latency*-nya, dengan perolehan rata-rata 22.93% dan 3615 detik dibandingkan dengan *routing Bubble Rap* yang memiliki hasil rata-rata sebesar 9.91% dan 4162 detik. Meskipun begitu, *routing Bubble Rap* unggul dalam *overhead ratio*-nya dengan perolehan rata-rata sebesar 17.71% dibandingkan dengan *Spray And Wait* sebesar 52.78%.
 4. Secara keseluruhan dalam simulasi ini, *routing Spray And Wait* lebih unggul dan cocok untuk di implementasikan jika mengutamakan perolehan nilai *delivery probability* dan *average latency*-nya diantara parameter performansi yang diujikan.
 5. Meskipun hasil yang diperoleh *routing Bubble Rap* dalam dua dari tiga parameter uji yang diterapkan kurang memuaskan yaitu pada *delivery probability* dan *average latency*, di sisi lain *routing Bubble Rap* memiliki keunggulan dimana menghasilkan nilai *overhead ratio* yang terhitung jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan *routing Spray And Wait*. Hal ini sejalan dengan keunggulan yang ditawarkan oleh *routing Bubble Rap* yang dimana memiliki biaya dalam jaringan yang lebih rendah [8].

Daftar Pustaka:

- [1] Adhiguna Bima, Ariefianto Wibowo Tody, Vidya Yovita Leanna. Analisis Performansi Modifikasi Binary Spray And Wait Menggunakan Prophet pada DTN. Jurnal Nasional Teknik Elektro Vol: 6, No. 3, November 2017.
- [2] D. Yulianti, S. Mandala, D. Nasien, A. Ngadi, and Y. Coulibaly, "Performance Comparison of Epidemic, PRoPHET, Spray and Wait, Binary Spray and Wait, and PRoPHETv2," Faculty of Computing, Universiti Teknologi Malaysia.
- [3] Fall Kevin. A Delay-Tolerant Network Architecture for Challenged Internets. Intel Research, Berkeley.
- [4] Iwasni, Ariefianto Wibowo Tody, Vidya Yovita Leanna. Analisis Performansi Prioritized Epidemic (PREP) Pada Delay Tolerant Network (DTN). Fakultas Teknik Elektro Universitas Telkom, 2017
- [5] Jaimini Patel, Patel Rajan. Efficient Routing using Bubble Rap in Delay Tolerant Network. International Journal of Computer Applications Volume 137 – No.5, March 2016.
- [6] Jain Sushant, Fall Kevin, Patra Rabin. Routing in a Delay Tolerant Network.
- [7] M. Sree Lakshmi, B. Lalitha. Performance Analysis of Binary Spray and Wait Routing in DTN's. ISSN 0974-2239 Vol. 3, no. 9, pp. 863-870, 2013.
- [8] Nafila Putri Sofia, Vidya Yovita Leanna, Perdana Doan. Performance Comparison of DTN Routing Protocol Maxprop and Spray and Wait Under Varying Node Speed And Volume. E-Proceeding of Engineering: Vol.3, No.1 April 2016.
- [9] P. Hui, J. Crowcroft, E. Yoneki. Bubble Rap: Social-based Forwarding in Delay Tolerant Networks. MobiHoc, Mei, 2008.
- [10] P. Alex, F. Richard, H. Amir. DakNet: Rethinking Connectivity in Developing Nations. IEEE Computer Society, Januari, 2004.
- [11] S. Thrasyvoulos, P. Konstantinos, R. Cauligi S. Spray and Wait: An Efficient Routing Scheme for Intermittently Connected Mobile Networks. SIGCOMM, Agustus, 2005.
- [12] T. Kavitha, C. Poongodi. Modified Bubble Rap Routing for Intermittently Connected Networks. International Conference on Research Trends in Computer Technologies 2013.
- [13] Wu Jie. Logarithmic Store-Carry-Forward Routing in Mobile Ad Hoc Networks. IEEE Transactions On Parallel And Distributed Systems, Vol. 18, No. 6, June 2007.
- [14] Warthaman Forrest. 2012. Delay- and Disruption-Tolerant Networks (DTNs): A Tutorial Version 2.0.